

(11) Japanese Patent Laid-Open No. 2001-078192

(43) Laid-Open Date: March 23, 2001

(21) Application Number: 11-250741

(22) Filing Date: September 3, 1999

(71) Applicant: NIKON CORP

(72) Inventor: HIDEYASU KUNIBA

-----  
(54) ELECTRONIC CAMERA AND RECORDING MEDIUM ON WHICH  
IMAGE PROCESSING PROGRAM IS RECORDED

(57) [Abstract]

[Problem to be Solved]

An object of the present invention is to accurately achieve a desired target compression ratio in an image compressing operation by a digital camera or an image processing program.

[Solution]

Results (a compression parameter X and the amount of compressed code Y) of test compressions are substituted into a relational expression " $Y = g/(X + c) + h$ " to estimate undetermined parameters c, g, and h. An appropriate compression parameter for achieving a target compression ratio is calculated inversely from the relational expression thus determined and is used to execute actual compression. Standard values may be assumed to those parameters out of undetermined parameters that have an insignificant effect on the

accuracy of approximation of the relational expression in order to efficiently reduce the number of test compressions. In addition, the correlation between the amount of the code compressed by test compression and an undetermined parameter may be used in conjunction in order to efficiently reduce the number of test compressions. Furthermore, the correlations between undetermined parameters may be used in conjunction in order to efficiently reduce the number of test compressions.

[ Claims for the Patent]

[ Claim 1]

An electronic camera including a compressor that adjusts a compression parameter (an adjustable element that affects the amount of compressed code in a process of compression) to compress image data to a target compression ratio range and image-capturing means for capturing an image of a subject to generate image data, said compressor compressing image data generated by said image-capturing means, characterized in that said compressor comprises:

trial means for performing one or more test compressions of the image data;

relational expression estimating means for substituting results (a compression parameter X, an amount of compressed code Y) of a test compression by

said trial means into a relational expression

$$Y = g/(X + c) + h$$

to estimate undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$  in the relational expression;

compression parameter calculating means for calculating an appropriate compression parameter for achieving a target compression ratio from a relational expression estimated by said relational expression estimating means; and

compressing means for compressing the image data by using a compression parameter calculated by said compression parameter calculating means.

[ Claim 2]

The electronic camera according to claim 1, characterized in that said relational expression estimating means assumes a standard value (including 0) of the undetermined parameter  $h$  and applies a result of a text compression to the relational expression having the assumed value of the undetermined parameter  $h$  to determine the remaining undetermined parameters  $c$  and  $g$ .

[ Claim 3]

The electronic camera according to claim 1, characterized in that said relational expression estimating means assumes a standard value of the undetermined parameter  $c$  and applies a result of a test compression to the relational expression having the assumed value of the undetermined parameter  $c$  to

determine the remaining undetermined parameters h and g.

[ Claim 4]

The electronic camera according to claim 1, characterized in that said relational expression estimating means comprises:

statistical estimation means for applying an amount of compressed code resulting from a test compression to "a correlation between an amount of compressed code Y and an undetermined parameter (g, h, or c)" statistically obtained beforehand to determine some of the undetermined parameters; and

remaining parameter estimating means for applying a result of a test compression to relational expression in which the number of undermined parameters is reduced by said statistical estimation means to determine the remaining undetermined parameters.

[ Claim 5]

The electronic camera according to claim 1, characterized in that said relational expression estimating means determines values of the undetermined parameters c, g, and h on the basis of a relational expression into which a result of a test compression is substituted and a "correlation between undetermined parameters (a correlation between g and h, h and c, or c and g).

[ Claim 6]

The electronic camera according to any one of

claims 1, 2, 4, and 5, characterized in that said relational expression estimating means adjusts the value of the undetermined parameter  $h$  so that  $c \geq 0$ , if  $c < 0$  in the process of determining an undetermined parameter.

[ Claim 7]

A machine-readable recording medium on which an image processing program is recorded for causing a computer to function as a compressor according to any one of claims 1 to 6.

[ Detailed Description of the Invention]

[ 0001]

[ Technical Field of the Invention]

The present invention relates to a technique of image compression processing in an electronic camera and an image processing program. In particular, the present invention relates to a technique for compressing image data to a desired compression ratio.

[ 0002]

[ Conventional Art]

A large amount of image data handled in an electronic camera or a computer typically undergoes image compression (for example, JPEG compression). The image compression processing may be performed through the following steps (1) to (6), for example.

[ 0003]

(1) A target image data compression ratio is determined in accordance with an image quality setting for compression specified by a photographer (by selecting one of FINE/NORMAL/BASIC, for example).

(2) Image data consisting of luminance Y and chrominance Cb and Cr is divided into blocks of  $8 \times 8$  pixels, for example. Discrete cosine transform is applied to each of the blocks to obtain  $8 \times 8$  discrete spatial frequency components.

(3) A basic quantization table defining quantization levels for the  $8 \times 8$  spatial frequency components is prepared. The basic quantization table is multiplied by a scale factor SF (a type of compression parameter) to obtain a quantization table to be actually used.

(4) The quantization table obtained at step (3) is used to quantize each of the  $8 \times 8$  spatial frequency components.

(5) For a DC component of the quantized data, a predictive difference from the previous block is calculated and then coding for eliminating code redundancy is applied to the component. For an AC component, the component is zigzag scanned and then coding for eliminating code redundancy is applied to the component.

(6) If the size of a compressed file (hereinafter referred to as "compression size") deviates from the

target compression ratio, the scale factor value SF is adjusted and then the process returns to step (3). On the other hand, if the compression size is within a range of the target compression ratio, the image compression will end.

Through the process described above, the image data can be compressed with a compression ratio within the target range.

[ 0004]

[ Problems to be Solved by the Invention]

Electronic cameras in general require extra time for image processing as compared with film-based cameras. It is demanded that the time required for image processing be minimized. Therefore, an object of the present invention is to accurately determine a compression parameter that enables a target compression ratio to be achieved with a minimum number of test compressions in image compression processing.

[ 0005]

[ Means for Solving the Problems]

Means for solving the problem will be described below in association with reference numerals and step numbers in embodiments. The association herein is for reference and not intended to limit the present invention.

[ 0006]

<<Claim 1>>

An aspect of the present invention according to claim 1, provides an electronic camera including a compressor (18) that adjusts a compression parameter (an adjustable element that affects the amount of compressed code in a process of compression) to compress image data to a target compression ratio range and image-capturing means (13) for capturing an image of a subject to generate image data, the compressor compressing image data generated by the image-capturing means, characterized in that the compressor includes: trial means for performing one or more test compressions of the image data; relational expression estimating means for substituting results (a compression parameter X, an amount of compressed code Y) of a test compression by the trial means into a relational expression

" $Y = g/(X + c) + h$ " to estimate undetermined parameters c, g, and h in the relational expression; compression parameter calculating means for calculating an appropriate compression parameter for achieving a target compression ratio from a relational expression estimated by the relational expression estimating means; and compressing means for compressing the image data by using a compression parameter calculated by the compression parameter calculating means.

[ 0007]

The inventor of the present invention has found



that the relation between a compression parameter X (scale factor in Figure 4) and the amount of compressed code Y (size of a compressed file in Figure 4) can be well approximated by

$$\text{relational expression: } Y = g / (X + c) + h$$

... [ 1]

as shown in an embodiment (Figure 4), which will be described later. According to the relational expression given above, as the compression parameter X approaches zero, the amount of compressed code Y increases and eventually is saturated to an upper limit  $[g/c + h]$ . On the other hand, as the compression parameter X increases, the amount of compressed code Y decreases and eventually saturated to a lower limit  $[h]$ . This means that the "relation between the compression parameter X and the amount of compressed code Y" characterized by a monotonically decreasing curve having upper and lower limits (so-called reverse S-shaped curve) on a double logarithmic chart can be well approximated in general by using the relational expression given above.

[ 0008]

Therefore the compressor of the present invention first substitutes results (compression parameter X and the amount of compressed code Y) of a test compression of image data into the relational expression to estimate the values of three undetermined parameters c,

g, and h respectively. The compressor calculates a value of the compression parameter X that is likely to be appropriate for achieving a target compression ratio by inversely calculating the relational expression thus estimated. The compressor uses the compression parameter X thus calculated to compress the image data. With this process, the "relation between the compression parameter X and the amount of compressed code Y" can be well approximated and a value of the compression parameter X that is likely to be appropriate for achieving the target compression ratio can be accurately obtained.

[ 0009]

Any number of test compressions required for estimating undetermined parameters c, g, and h in the process described above can be chosen. Because the relational expression includes three undetermined parameters c, g, and h, the undetermined parameters c, g, and h can be directly and uniquely determined on the basis of results of at least three independent test compressions. Conducting multiple regression analysis based on results of four or more test compression enables estimation of, the undetermined parameters c, g, and h excluding changing factors such as errors. The undetermined parameters c, g, and h can be estimated on the basis of results of two test compressions or less by also using statistical data and the like obtained

beforehand, as set forth in claims, which will be described later.

[ 0010]

<<Claim 2>>

An aspect of the present invention according to claim 2 provides the electronic camera according to claim 1, characterized in that the relational expression estimating means assumes a standard value (including 0) of the undetermined parameter  $h$  and applies a result of a text compression to the relational expression having the assumed value of the undetermined parameter  $h$  to determine the remaining undetermined parameters  $c$  and  $g$  (step S10).

[ 0011]

The solid curve in Figure 4 represents the results of fitting three adjusted undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$  to actual measurements. The actual measurements (0 in Figure 4) are well approximated in a wide range from a low to high compression ratio (scale factors in the range from 0.03 to 2 in the example). On the other hand, the dashed curve in Figure 4 represents the results of fitting of two adjusted undetermined parameters  $g$  and  $h$  to actual measurements by assuming that the value of the undetermined parameter  $h$  is zero. In this case, the measurement values are well approximated in a limited range from a low to medium compression ratio (scale

factors in the range from approximately 0.03 to approximately 0.6). It can be seen from these results that the contribution of the undetermined parameter  $h$  is small and a good approximation can be obtained by adjusting only the two undetermined parameters  $c$  and  $g$  if the target compression ratio is in the range from a low to medium compression ratio.

[ 0012]

Therefore, the compressor according to claim 2 first assumes to the undetermined parameter  $h$  to be a pre-calculated standard value. The compressor then applies results of test compression to the relational expression to determine the other undetermined parameters  $c$  and  $g$ . At that time, because the number of undetermined parameters to be determined is reduced to two, the number of test compressions can be also reduced to two. Considering the fact on approximations described above, the compressor may determine whether the target compression ratio is lower than a predetermined threshold and, if so, may automatically select the processing according to claim 2.

[ 0013]

<<Claim 3>>

An aspect of the present invention according to claim 3 provides the electronic camera according to claim 1, characterized in that the relational expression estimating means assumes a standard value of

the undetermined parameter  $c$  and applies a result of a test compression to the relational expression having the assumed value of the undetermined parameter  $c$  to determine the remaining undetermined parameters  $h$  and  $g$  (step S12).

[ 0014]

Figure 13 is a graph prepared by plotting the relational expression while changing the value of the undetermined parameter  $c$ . As can be seen from the graph, the undetermined parameter  $c$  has rather little effect on compression ratios in the range from medium to high. This result shows that the contribution of the undetermined parameter  $c$  is small and a good approximation can be obtained by adjusting only the two undetermined parameters  $h$  and  $g$  when the target compression ratio is in the range from medium to high.

[ 0015]

Therefore, the compressor according to claim 3 assumes the undetermined parameter  $c$  to be a pre-calculated standard value. The compressor applies results of test compression to the relational expression to determine the remaining undetermined parameters  $h$  and  $g$ . At that time, because the number of the undetermined parameters to be determined is reduced to two, the number of test compressions can be also reduced to two. Considering the fact on approximations described above, the compressor may

determine whether the target compression ratio is higher than a predetermined threshold and, if so, may automatically select the process according to claim 3.

[ 0016]

<<Claim 4>>

An aspect of the present invention according to claim 4 provides the electronic camera according to claim 1, characterized in that the relational expression estimating means includes: statistical estimation means for applying an amount of compressed code resulting from a test compression to "a correlation between an amount of compressed code Y and an undetermined parameter (g, h, or c)" statistically obtained beforehand to determine some of the undetermined parameters; and remaining parameter estimating means for applying a result of a test compression to the relational expression in which the number of undermined parameters is reduced by the statistical estimation means to determine the remaining undetermined parameters (step S34).

[ 0017]

The present inventor has found that a correlation exists between the amount of compressed code (compression size at scale factor of 0.1 in the embodiment) obtained in test compressions and each of the undetermined parameters c, g, and h as given in an embodiment (Figures 6 to 8) which will be described

later. Therefore, the compressor according to claim 4, first applies the amount of compressed code obtained in test compressions to correlations statistically obtained beforehand to determine some of the undetermined parameters c, g, and h. The compressor then applies results of the test compressions to the relational expression to determine the remaining parameter or parameters. Because the number of undetermined parameters to be determined by solving the relational expression is reduced, the number of test compressions can be efficiently reduced.

[ 0018]

<<Claim 5>>

An aspect of the present invention according to claim 5 provides the electronic camera according to claim 1, characterized in that the relational expression estimating means determines values of the undetermined parameters c, g, and h on the basis of a relational expression into which a result of a test compression is substituted and a "correlation between undetermined parameters (a correlation between g and h, h and c, or c and g) (steps S54 and S58).

[ 0019]

The present inventor has found that a correlation exists between the undetermined parameters as shown in an embodiment (Figures 10 to 12) which will be described later. Therefore, the compressor according

to claim 5 substitutes results of test compressions in simultaneous equations consisting of "correlations between undetermined parameters" and a "relational expression" and solves the simultaneous equations to determine the values of the undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$ . Thus, the number of test compressions can be efficiently reduced by the number of correlations introduced.

[ 0020]

<<Claim 6>>

An aspect of the present invention according to claim 6 provides the electronic camera according to any one of claims 1, 2, 4, and 5, characterized in that the relational expression estimating means adjusts the value of the undetermined parameter  $h$  so that  $c \geq 0$ , if  $c < 0$  in the process of determining an undetermined parameter (steps S11 and S12).

[ 0021]

If a result of a test compression contains extreme error variations or the number of test compressions are excessively reduced, the relation " $c < 0$ " can be result in the process of computation. This is an unrealistic relational expression indicating that the amount of compressed code  $Y$  diverges to an infinite value at a compression parameter " $X = -c$ ". Therefore, the compressor according to claim 6 adjusts the value of the undetermined parameter  $h$  so that " $c \geq 0$ " if " $c <$



0" results from the process of determining an undetermined parameter. As has been described earlier, the undetermined parameter h can take a value in a relatively flexible range except for cases of extremely high compression ratios. Therefore, by adjusting the value of the undetermined parameter h, the relation " $c \geq 0$ " can be provided without decreasing the accuracy of approximation when the compression ratio is in the range from a low to medium. This can reliably avoid an unrealistic relational expression from being obtained.

[ 0022]

<<Claim 7>>

Recorded on a machine-readable recording medium is an image processing program for causing a computer to function as a compressor according to any one of claims 1 to 6. Electronic cameras today are often configured as a system consisting of an image-capturing unit and a computer (including electronic organizers and the like). By implementing a compressor on a computer having such a configuration by using a recording medium according to claim 7, an electronic camera according to one of claims 1 to 6 can be readily configured. Furthermore, by implementing the compressor on an independent computer, a system can be implemented that obtains image data from an electronic camera, communication medium, recording medium, scanner, or another program and applies the same image

compression processing as the present invention according to one of claims 1 to 6 to the image data.

[ 0023]

[ Embodiments of the Invention]

Embodiments of the present invention will be described below with reference to the accompanying drawings.

[ 0024]

<<First Embodiment>>

A first embodiment is an embodiment of an electronic camera corresponding to the invention according to claims 1, 2, 3, and 6. Figure 1 is a schematic block diagram illustrating a configuration of an electronic camera 10. The electronic camera 10 in Figure 1 is equipped with a photographic lens 11. An image-capturing element 13 is provided in the image space of the photographic lens 11. Image data generated at the image-capturing element 13 sequentially undergo processing at a signal processor 15, an A/D converter 16 and an image processor 17, and then is provided to a compressor 18 as digital image data. The compressor 18 performs JPEG compression on the image data and outputs compressed data to a recording unit 19. The recording unit 19 records the compressed image data on a recording medium (not shown) such as a memory card.

[ 0025]

In addition, the electronic camera 10 includes a control unit 21 for controlling the system, operating buttons 24 through which camera operations are performed and a mode is set. Figures 2 and 3 show a flowchart of an image compression operation performed in the compressor 18. The image compression operation that characterizes the present invention will be described with reference to Figures 2 and 3.

[ 0026]

[ Step S1]

First, the compressor 18 communicates with the control unit 21 to obtain a setting of image quality for compression (FINE, NORMAL, BASIC or the like in this example) selected using the operating buttons 24. The compressor 18 determines a target compression ratio (1/4 compression, 1/8 compression, or 1/16 compression in this example). The compressor 18 sets the initial values of the following parameters according to this target compression ratio.

- Basic quantization table
- Allowable compression size Sspan
- Initial scale factor SF1
- Lower limit of scale factor SFmin
- Discontinuation scale factor SF4

[ Step S2]

The compressor 18 multiplies all elements in the basic quantization table selected at step S1 by the

initial scale factor SF1 to generate a quantization table for test compressions.

[ Step S3]

The compressor 18 uses the quantization table for test compressions to JPEG-compress the image data. The compressor 18 stores the size S1 of the compressed file.

[ Step S4]

The compressor 18 applies the results of one test compression to statistical data stored beforehand to estimate an appropriate scale factor SF2 for achieving the target compression ratio. The procedure of the estimation is not relevant to the present invention and therefore will not be described herein. The procedure is detailed in Japanese Patent Application No. 10-284531 filed by the applicant in the past.

[ 0027]

[ Step S5]

The compressor 18 limits the scale factor SF2 with the lower limit SFmin.

[ Step S6]

The compressor 18 multiplies all elements in the basic quantization table selected at step S1 by the scale factor SF2 to generate a quantization table.

[ Step S7]

The compressor 18 uses the generated quantization table to JPEG-compress the image data. The compressor 18 stores the size S2 of the compressed file.

[ Step S8]

The compressor 18 determines whether the compression size S2 falls within the allowable range Sspan. If the compression size S2 is outside the allowable range Sspan, the compressor 18 proceeds to step S9. On the other hand, if the compression size S2 falls within the allowable range Sspan, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S9]

The compressor 18 determines whether the conditions that "the compression ratio of the current compression is higher than the target compression ratio" and the "the scale factor SF2 is equal to the lower limit SFmin" hold. If both conditions hold, it can be estimated that the image data to be compressed will be special data having an extremely small information amount. The compressor 18 therefore discontinues the compression process with the result of the last image compression. On the other hand, if the conditions do not hold, the compressor 18 proceeds to step S10.

[ Step S10]

The compressor 18 first assumes an undetermined parameter h as a standard value h0 (for example, zero). By substituting results of two test compressions (SF1, S1), (SF2, S2) into the relational expression,

$$S1 = g/(c + SF1) + h0 \quad \dots [2]$$

$$S2 = g/(c + SF2) + h0 \quad \dots [3]$$

can be obtained. The compressor 18 solves the equations to obtain

$$c = [SF2 (S2 - h0) - SF1 (S1 - h0)] / (S1 - S2) \quad \dots [4]$$

$$g = (c + SF2) (S2 - h0) \quad \dots [5]$$

thus determining the values of the remaining undetermined parameters c and g.

[0028]

[Step S11]

The compressor 18 determines whether the determined parameter c is a negative or positive value. If the value of the parameter c is negative, the compressor 18 determines that the relational expression obtained at step S10 is unrealistic, and proceeds to step S12. On the other hand, if the value of the parameter c is positive or zero, the compressor 18 directly proceeds to step S13.

[Step S12]

The compressor assumes c to be a standard value c0 (where  $c0 \geq 0$ ). By substituting the results (SF1, S1) and (SF2, S2) of two test compressions into the relational expression,

$$S1 = g/(c0 + SF1) + h \quad \dots [6]$$

$$S2 = g/(c0 + SF2) + h \quad \dots [7]$$

can be obtained. The compressor 18 solves the

equations to obtain

$$h = [S2 (c0 + SF2) - S1 (c0 + SF1)] / (SF2 - SF1) \quad \dots [8]$$

$$g = (c0 + SF2) (S2 - h) \quad \dots [9]$$

thus determining the remaining undetermined parameters g and h. This process is equivalent to adjusting the value of the undetermined parameter h using Equation [8] to change the relation to  $c \geq 0$ .

[ Step S13]

The compressor 18 inversely calculates a scale factor SF3 that is likely to be appropriate for achieving the target compression ratio from a relational expression including the determined parameters c, g, and h as

$$SF3 = g / (T - h) - c \quad \dots [10]$$

(where "T = amount of image code before compression  $\times$  target compression ratio").

[ Step S14]

The compressor 18 limits the value of the scale factor SF3 with the lower limit SFmin.

[ 0029]

[ Step S15]

The compressor 18 multiplies all elements in the basic quantization table selected at step S1 by the scale factor SF3 to generate a quantization table.

[ Step S16]

The compressor 18 uses the generated quantization

table to JPEG-compress the image data. The compressor 18 stores the size S3 of the compressed file.

[ Step S17]

The compressor 18 determines whether the compression size falls within the allowable range Sspan. If the compression size S3 is outside the allowable range Sspan, the compressor 18 proceeds to step S18. On the other hand, if the compression size S3 falls within the allowable range Sspan, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S18]

The compressor 18 determines whether the conditions that "the compression ratio of the current compression ratio is higher than the target compression ratio" and "the scale factor SF3 is equal to the lower limit SFmin". If both conditions hold, it can be estimated that the image data to be compressed is special data having an extremely small information amount. Therefore, the compressor 18 discontinues the image compression with the result of the last compression. On the other hand, if the conditions do not hold, the compressor 18 proceeds to step S19.

[ Step S19]

The compressor 18 multiplies all elements in the basic quantization table selected at step S1 by the discontinuation scale factor SF4 to obtain a



quantization table.

[ Step S20]

The compressor 18 uses the obtained quantization table to JPEG-compress the image data. The compressor 18 stores the size S4 of the compressed file.

[ 0030]

[ Step S21]

The compressor 18 determines whether the compression size S4 is less than the (upper limit of the allowable range Sspan). If the compression size S4 exceeds the (upper limit of the allowable range Sspan), the compressor 18 proceeds to step S22. On the other hand, if the compression size S4 satisfies the weak condition that the (upper limit of the allowable Sspan) should not be exceeded, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S22]

The compressor 18 determines whether the number of trial compressions has exceeded a limit. If the limit has been exceeded, the compressor 18 discontinues the compression process with the result of the last compression. On the other hand, if the limit of trials has not been exceeded, the compressor 18 proceeds to step S23.

[ Step S23]

The compressor 18 multiplies the current scale

factor SF4 by a predetermined factor (for example 1.5) and then returns to step S19.

Through the sequence of operations described above, image data is appropriately compressed by flexibly responding to the result of each trial compression in the first embodiment.

[ 0031]

(Advantages and others of the first embodiment)

The solid curve and dashed curve in Figure 4 represent plots of the relational expressions determined in the first embodiment. As shown in Figure 4, these curves well approximate the actual measurements (0 in Figure 4) tracing out a reverse S-shaped curve. With the good approximation, a scale factor SF3 that is likely to be appropriate for achieving a target compression ratio can be accurately determined. In the first embodiment, a standard value  $h_0$  is first assumed to the undetermined parameter  $h$ . Accordingly, the remaining undetermined parameters  $c$  and  $g$  can be determined on the basis of the results of at least two test compressions. Furthermore, if a negative value of the undetermined parameter  $c$  is obtained in the process of determining the values of undetermined parameters, the value of the undetermined parameter  $c$  is changed to  $c_0$  ( $\geq 0$ ) and the changed value is used to determine the values of the remaining undetermined parameters  $h$  and  $g$  in the first embodiment.

Thus, the undetermined parameter  $c$  does not settle at a negative value and therefore a realistic relational expression can always be obtained. Another embodiment will be described next.

[ 0032]

[ Second embodiment]

A second embodiment is an embodiment of an electronic camera corresponding to the invention according to claims 1 and 4. The general configuration of the electronic camera is the same as that in the first embodiment (Figure 1) and therefore the description of which will be omitted here. In the second embodiment, a developer of the electronic camera statistically should have obtained a correlation between compression size and each parameter  $c$ ,  $g$ ,  $h$  in preparation for test compressions beforehand. A procedure of the preparation will be described below.

(1) First, the developer provides as many and various test images as possible.

(2) The developer repeats JPEG compression of each test image while changing the scale factor to obtain actual measurement data on (scale factor and compression size). Figure 5 shows actual measurement data on each test image thus obtained.

(3) The developer performs multiple linear regression analysis of each test image to obtain values of undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$  that provide the

smallest sum of squares of the error between the actual measurement data and the relational expression.

(4) The developer plots compression sizes and the values of undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$  (♦ in Figures 6 to 8) of each image at a scale factor  $SF$  of 0.1 to obtain correlations as shown in Figures 6 to 8.

(5) The developer approximates the correlations in Figures 6 to 8 using a least-squares method or the like and records the resulting approximate expressions (or table data) in a non-volatile memory inside the compressor 18 as the correlations.

With the procedure described above, the preparation is completed. Figure 9 is a flowchart illustrating an image compression operation in the compressor 18. The image compression operation that characterizes the present invention will be described with reference to Figure 9.

[ 0033]

[ Step S31]

First, the compressor 18 selects an initial scale factor  $SF1$  (here,  $SF1 = 0.1$ ) corresponding to a target compression ratio.

[ Step S32]

The compressor 18 JPEG-compresses the image data with the initial scale factor  $SF1$ .

[ Step S33]

The compressor 18 determines whether the

compression size S1 of the first compression falls within a range of the target compression ratio. If the compression size S1 is out of the range of the target compression ratio, the compressor 18 proceeds to step S34. On the other hand, if the compression size S1 is within the range of the target compression ratio, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S34]

The compressor 18 applies the compression size S1 to approximate expressions or the like of pre-calculated correlations (Figures 6 and 7) to estimate the undetermined parameters g and h.

[ 0034]

[ Step S35]

The compressor 18 substitutes results (SF1, S1) of one test compression (SF1, S1) into a relational expression with estimated values of undetermined parameters g and h to determine the remaining undetermined parameter c.

[ Step S36]

The compressor 18 calculates an appropriate scale factor SF2 for achieving the target compression ratio inversely from the relational expression with the determined values of the parameters c, g, and h.

[ Step S37]

The compressor 18 JPEG-compresses image data with

the scale factor SF2.

[ Step S38]

The compressor 18 determines whether the compression size S2 of the second compression falls within the range of the target compression ratio. If the compression size S2 is out of the range of the target compression ratio, the compressor 18 proceeds to step S39. On the other hand, if the compression size S2 is within the range of the target compression ratio, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S39]

The compressor 18 substitutes results (SF1, S1) and (SF2, S2) of the two compressions into the relational expression with g estimated at step S34 to determine the remaining undetermined parameters c and h.

[ Step S40]

The compressor 18 inversely calculates an appropriate scale factor SF3 for achieving the target compression ratio from the relational expression with determined values of parameters c, g, and h.

[ 0035]

[ Step S41]

The compressor 18 JPEG-compresses the image data with the scale factor SF3.

[ Step S42]

The compressor determines whether the compression size S3 falls within the range of the target compression ratio. If the compression size S3 is out of the range of the target compression ratio, the compressor 18 proceeds to step S43. On the other hand if the compression size S3 is within the range of the target compression ratio, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S43]

The compressor 18 substitutes the results (SF1, S1), (SF2, S2), and (SF3, S3) of the three test compressions into the relational expression to determine the values of undetermined parameters c, g, and h.

[ Step S44]

The compressor 18 inversely calculates a scale factor SF4 that is likely to be appropriate for achieving the target compression ratio from the relational expression with the determined values of the parameters c, g, and h.

[ Step S45]

The compressor 18 JPEG-compresses the image data with the scale factor SF4.

Through the sequence of operations described above, image data is appropriately compressed by flexibly responding to the result of each trial

compression in the second embodiment as well.

[ 0036]

(Advantages and others of the second embodiment)

According to the second embodiment, first the compression size S1 resulting from test compression is applied to approximate expressions of statistically obtained correlations (Figures 6 and 7) to estimate undetermined parameters g and h. Consequently, the number of undetermined parameters to be determined by solving the relational expression is reduced and therefore the number of test compressions can be efficiently reduced. The correlation between the undetermined parameter g and compression size is especially strong compared with the other correlations as shown in Figure 6. Therefore, the value of the undetermined parameter g can be determined from the compression size resulting from test compressions with a very high degree of accuracy. The parameter g thus determined is preferentially used in the third image compression in the second embodiment described above. Consequently, the probability that the target compression ratio will be achieved in the third image compression will be considerably high. Another embodiment will be described next.

[ 0037]

<<Third Embodiment>>

A third embodiment is an embodiment of an



electronic camera corresponding to the invention according to claims 1 and 5. The general configuration of the electronic camera is the same as that in the first embodiment (Figure 1), the description of which will be omitted here. In the third embodiment, a developer of the electronic camera statistically should have obtained correlations between parameter  $c$ ,  $g$ , and  $h$  in preparation for test compressions beforehand. A procedure of the preparation will be described below.

(1) First, the developer provides as many and various test images as possible.

(2) The developer repeats JPEG compression of each test image while changing the scale factor to obtain many actual measurement data on (scale factor and compression size). Figure 5 shows actual measurement data on each test image thus obtained.

(3) The developer performs multiple linear regression analysis of each test image to obtain values of undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$  that provide the smallest sum of squares of the error between the actual measurement data and the relational expression.

(4) The developer plots values of the undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$  for each image to obtain three correlations as shown in Figures 10 to 12.

(5) The developer approximates the correlations in Figures 10 to 12 by using a least-squares method or the like and records the resulting approximate

expressions (or table data) in a non-volatile memory inside the compressor 18 as the correlations.

With the procedure described above, the preparation is completed. Figure 14 is a flowchart illustrating an image compression operation in the compressor 18. The image compression operation that characterizes the present invention will be described with reference to Figure 14.

[ 0038]

[ Step S51]

First, the compressor 18 selects an initial scale factor SF1 corresponding to a target compression ratio.

[ Step S52]

The compressor 18 JPEG-compresses the image data with the initial scale factor SF1.

[ Step S53]

The compressor 18 determines whether the compression size S1 of the first compression falls within a range of the target compression ratio. If the compression size S1 is out of the range of the target compression ratio, the compressor 18 proceeds to step S54. On the other hand, if the compression size S1 is within the range of the target compression ratio, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S54]

The compressor 18 solves simultaneous equations

of a relational expression into which results of one test compression are substituted and approximate expressions of correlations (Figures 10 and 11) obtained beforehand, thereby estimating the values of undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$ .

[ 0039]

[ Step S55]

The compressor 18 inversely calculates an appropriate scale factor SF2 for achieving the target compression ratio from the relational expression with the determined values of the parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$ .

[ Step S56]

The compressor 18 JPEG-compresses image data with the scale factor SF2.

[ Step S57]

The compressor 18 determines whether the compression size S2 of the second compression falls within the range of the target compression ratio. If the compression size S2 is out of the range of the target compression ratio, the compressor 18 proceeds to step S58. On the other hand, if the compression size S2 falls within the range of the target compression ratio, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S58]

The compressor 18 solves simultaneous equations

of a relational expression into which the results of the two test compressions are substituted and an approximate equation of the correlation (Figure 10) to estimate the values of the undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$ .

[ Step S59]

The compressor 18 calculates an appropriate scale factor SF3 for achieving the target compression ratio inversely from the relational expression with the determined values of the parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$ .

[ Step S60]

The compressor 18 JPEG-compresses the image data with the scale factor SF3.

[ 0040]

[ Step S61]

The compressor 18 determines whether the compression size S3 of the third compression falls within the range of the target compression ratio. If the compression size S3 is out of the range of the target compression ratio, the compressor 18 proceeds to step S62. On the other hand, if the compression size S3 falls within the range of the target compression ratio, the compressor 18 determines that desired image compression has been achieved, and ends the compression process.

[ Step S62]

The compressor 18 substitutes the results (SF1,

S1), (SF2, S2) and (SF3, S3) of the three test compressions into the relational expression and solves the relational expression to determine the undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$ .

[ Step S63]

The compressor 18 calculates an appropriate scale factor SF4 for achieving the target compression ratio inversely from the relational expression with the determined values of the undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$ .

[ Step S64]

The compressor 18 JPEG-compresses the image data with the scale factor SF4.

Through the sequence of operations described above, image data is appropriately compressed by flexibly responding to the result of each trial compression in the third embodiment.

[ 0041]

(Advantages and others of the third embodiment)

According to the third embodiment, the number of test compressions can be efficiently reduced by also using correlations (Figures 10 and 11) statistically obtained beforehand.

[ 0042]

<<Further notes on the embodiments>>

While scale factors are used as compression parameters in the embodiment describe above, the

present invention is not so limited. In general, good approximation can be obtained by applying the relational expression of the present invention by selecting compression parameters from among adjustable factors affecting the amount of compressed code in the process of compression that have a relation with the amount of compression code that traces out a reverse S-shaped curve. In the embodiments described above, compression sizes that result from test compressions of entire image data are used as the amounts of compressed code of the present invention, the present invention is not limited to this. For example, pixel blocks of image data may be subsampled to a fraction of the quantity of the image, then test compression may be applied to the subsampled image data, and the compression size of the test compression may be used as the size of compressed code in the present invention. Furthermore, while embodiments of an electronic camera have been described, the present invention is not limited to this. For example, one of the flowcharts of Figures 2, 3, 9, and 14 may be written as an image processing program and the image processing program may be stored in a recording medium. By executing the image processing program on a computer, the same effects and advantages as those of the embodiments described above can be achieved. While correlations shown in Figures 8 and 12 are not used in the second

and third embodiment described above, the present invention is not so limited. The correlations may also be used to reduce the number of test compressions, of course.

[ 0043]

[ Advantages of the Invention]

In an aspect of the invention according to claim 1, the "relation between compression parameter X and the amount of compressed code Y" that traces out a reverse S-shaped curve can be well approximated in a wide range by using the relational expression " $Y = g/(X + c) + h$ ". A compression parameter X that is likely to appropriate for achieving a target compression ratio can be obtained by inversely calculating the relational expression with a high degree of accuracy inversely.

[ 0044]

In an aspect of the invention according to claim 2, an undetermined parameter h is assumed first and then the remaining undetermined parameters c and g are determined. Because the number of undetermined parameters to be determined is reduced, the number of test compressions can be efficiently reduced.

[ 0045]

In an aspect of the invention according to claim 3, an undetermined parameter c is assumed first and then the remaining undetermined parameters h and g are determined. Because the number of undetermined

parameters to be determined is reduced, the number of test compressions can be efficiently reduced.

[ 0046]

In an aspect of the invention according to claim 4, the amount of compressed code resulting from a test compression is assigned into the "correlation between the amount of compressed code Y and an undetermined parameter" to determine some of undetermined parameters c, g, and h. Therefore, the number of undetermined parameters to be determined by solving the relational expression is reduced. Consequently, the number of test compressions can be reduced.

[ 0047]

In an aspect of the invention according to claim 5, results of test compressions are substituted into simultaneous equations consisting of "correlations between undetermined parameters" and the "relational expression" and solve the simultaneous equations to determine the values of undetermined parameters c, g, and h. In this aspect, the number of test compressions can be efficiently reduced by the number of correlations introduced.

[ 0048]

In an aspect of the invention according to claim 6, if  $c < 0$  results from the process of determining an undetermined parameter, the value of the undetermined parameter h is adjusted so that  $c \geq 0$ . Therefore, a



realistic relational expression can always be determined.

[ 0049]

A compressor according to one of claims 1 to 6 can be implemented on a computer by using the recording medium according to claim 7.

[ Brief Description of the Drawings]

[ Figure 1]

Figure 1 is a schematic block diagram illustrating a configuration of an electronic camera 10.

[ Figure 2]

Figure 2 is a flowchart (the first half) illustrating an image compression operation according to a first embodiment.

[ Figure 3]

Figure 3 is a flowchart (the last half) illustrating the image compression operation according to the first embodiment.

[ Figure 4]

Figure 4 is a plot of a relational expression determined in the first embodiment.

[ Figure 5]

Figure 5 is a plot of the relation between scale factor and compression size of various test images.

[ Figure 6]

Figure 6 is a diagram showing a correlation

between "the amount of compressed code resulting from test compression" and "undetermined parameter g".

[ Figure 7]

Figure 7 is a diagram showing a correlation between "the amount of compressed code resulting from test compression" and "undetermined parameter h".

[ Figure 8]

Figure 8 is a diagram showing a correlation between "the amount of compressed code resulting from test compression" and "undetermined parameter c".

[ Figure 9]

Figure 9 is a flowchart illustrating an image compression operation according to a second embodiment.

[ Figure 10]

Figure 10 is a diagram showing a correlation between "undetermined parameter g" and "undetermined parameter h".

[ Figure 11]

Figure 11 is a diagram showing a correlation between "undetermined parameter c" and "undetermined parameter g".

[ Figure 12]

Figure 12 is a diagram showing a correlation between "undetermined parameter c" and "undetermined parameter h".

[ Figure 13]

Figure 13 is a diagram for explaining the effect

of undetermined parameter  $c$ .

[ Figure 14]

Figure 14 is a flowchart illustrating an image compression operation according to a third embodiment.

[ Description of Symbols]

10     Electronic camera

18     Compressor

Figure 1

- 10 Electronic camera
- 11 Photographic lens
- 13 Image-capturing element
- 15 Signal processor
- 16 A/D converter
- 17 Image processor
- 18 Compressor
- 19 Recording unit
- 21 Control unit
- 24 Operating buttons

Figure 2

- #1 Image compression processing
  - S1 Initialize following parameters in accordance with target compression ratio.
    - Basic quantization table
    - Allowable compression size range Sspan
    - Initial scale factor SF1
    - Lower limit of scale factor SFmin
    - Discontinuation scale factor SF4
  - S2 Multiply all elements in basic quantization table by initial scale factor SF1 to obtain quantization table
  - S3 JPEG-compress image data by using obtained quantization table

- S4 Apply results of one compression to statistical data to estimate scale factor SF2
- S5 If  $SF2 < SF_{min}$ , limit SF2 to  $SF_{min}$
- S6 Multiply all elements in basic quantization table by scale factor SF2 to obtain quantization table
- S7 JPEG-compress image data using obtained quantization table

Figure 3

- S8 Compression size S falls within allowable range  $S_{span}$ ?
- S9 Compression ratio is higher than target compression ratio and  $SF2 = SF_{min}$ ?
- S10 Substitute results of two test compressions into relational expression in which  $h = 0$  is assumed to determine undetermined parameters c and g
- S11  $c < 0$ ?
- S12 Adjust h such that  $c = c_0 (\geq 0)$  and determine g
- S13 Calculate appropriate scale factor SF3 for achieving target compression ratio by inversely calculating relational expression with determined parameter c, g, and h
- S14 If  $SF3 < SF_{min}$ , limit SF3 to  $SF_{min}$
- S15 Multiply all elements in basic quantization table by scale factor SF3 to obtain quantization table
- S16 JPEG-compress image data by using obtained quantization table

S17    Compression size S falls within allowable range  
       Sspan?

S18    Compression ratio is higher than target  
       compression ratio and  $SF3 = SFmin$ ?

S19    Multiply all elements in basic quantization table  
       by discontinuation scale factor SF4 to obtain  
       quantization table

S20    JPEG-compress image data by using obtained  
       quantization table

S21    Compression size S is less than (upper limit of  
       allowable range Sspan)?

S22    Compression trial count exceeds limit?

#1    End

Figure 4

#1    Compression size

#2    Fitting by relational expression

#3    Actual measurements

#4    Sale factor

Figure 5

#1    Amount of code (logarithmic scale)

#2    Compressed to 1/4

#3    Compressed to 1/8

#4    Compressed to 1/16

#5    Scale factor (logarithmic scale)

Figure 6

- #1 Value of g
- #2 Correlation between "amount of compressed code"  
and "g"
- #3 Compression size (bytes) at SF = 0.1

Figure 7

- #1 Value of h
- #2 Correlation between "amount of compressed code"  
and "h"
- #3 Compression size (bytes) at SF = 0.1

Figure 8

- #1 Value of c
- #2 Correlation between "amount of compressed code"  
and "c"
- #3 Compression size (bytes) at SF = 0.1

Figure 9

- #1 Start
- S31 Set initial scale factor SF1 corresponding to  
target compression ratio
- S32 JPEG-compress image data with initial scale  
factor SF1
- S33 Compression size falls within range of target  
compression ratio?

- S34    Apply compression size  $S$  to statistically obtained "correlation between amount of compressed code and undetermined parameters" to estimate undetermined parameters  $g$  and  $h$
- S35    Substitute results of one compression into relational expression with fixed  $h$  and  $g$  to determine undetermined parameter  $c$
- S36    Calculate appropriate scale factor  $SF2$  for achieving target compression ratio by inversely calculating relational expression with determined parameter  $c$ ,  $g$ , and  $h$
- S37    JPEG-compress image data with scale factor  $SF2$
- S38    Compression size falls within range of target compression ratio?
- S39    Substitute results of two test compressions into relational expression with fixed  $g$  to determine undetermined parameters  $c$  and  $h$
- S40    Calculate appropriate scale factor  $SF3$  for achieving target compression ratio by inversely calculating relational expression with determined parameter  $c$ ,  $g$ , and  $h$
- S41    JPEG-compress image data with scale factor  $SF3$
- S42    Compression size falls within range of target compression ratio?
- S43    Substitutes results of three test compressions into relational expression to determine undetermined parameters  $c$ ,  $g$ , and  $h$



S44    Calculate appropriate scale factor SF4 for  
         achieving target compression ratio by inversely  
         calculating relational expression with determined  
         parameter  $c$ ,  $g$ , and  $h$

S45    JPEG-compress image data with scale factor SF4

#2    End

## Figure 10

#1    Value of  $h$

#2    Correlation between  $g$  and  $h$

#3    Value of  $g$

## Figure 11

#1    Value of  $g$

#2    Correlation between  $c$  and  $g$

#3    Value of  $c$

## Figure 12

#1    Value of  $h$

#2    Correlation between  $c$  and  $h$

#3    Value of  $c$

## Figure 13

#1    Amount of compressed code

#2    Small

#3    Large

#4    Low compression

- #5 High compression
- #6 Compression parameter

## Figure 14

- #1 Start
- S51 Set initial scale factor SF1 corresponding to target compression ratio
- S52 JPEG-compress image data with initial scale factor SF1
- S53 Compression size is within range of target compression ratio?
- S54 Substitute results of one test compression into
  - relational expression
  - statistically obtained "correlation between h and g" and
  - statistically obtained "correlation between c and g"to determine undetermined parameters c, g, and h
- S55 Calculate appropriate scale factor SF2 for achieving target compression ratio by inversely calculating relational expression with determined parameters c, g, and h
- S56 JPEG-compress image data with scale factor SF2
- S57 Compression size is within range of target compression ratio?
- S58 Substitute results of two test compressions into
  - relational expression and

· statistically obtained "correlation between h  
and g"  
to determine undetermined parameters c, g, and h  
S59 Calculate appropriate scale factor SF3 for  
achieving target compression ratio by inversely  
calculating relational expression with determined  
parameters c, g, and h  
S60 JPEG-compress image data with scale factor SF3  
S61 Compression size is within range of target  
compression ratio?  
S62 Substitute results of three test compressions  
into relational expression to determine  
undetermined parameters c, g, and h  
S63 Calculate appropriate scale factor SF4 for  
achieving target compression ratio by inversely  
calculating relational expression with determined  
parameters c, g, and h  
S64 JPEG-compress image data with scale factor SF4  
#2 End

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	チートード (参考)		
H 0 4 N	7/30	H 0 4 N	7/133	Z	5 C 0 5 3
	1/41		1/41	B	5 C 0 5 9
	5/91		5/91	J	5 C 0 7 8
					9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-250741

(22) 出願日 平成11年9月3日 (1999.9.3)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 国場 英康

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺 (外1名)

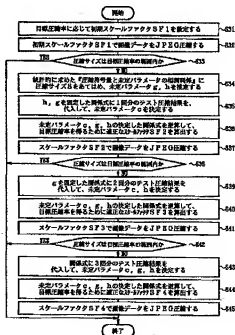
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子カメラ、および画像処理プログラムを記録した記録媒体

## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、電子カメラまたは画像処理プログラムの画像圧縮動作において、所望の目標圧縮率を的確に達成することを目的とする。

【解決手段】 まず、テスト圧縮の結果 (圧縮パラメータX、圧縮符号量Y) を関係式『 $Y = g / (X + c) + h$ 』に代入して、未定パラメータc、g、hを推定する。このようにして推定した関係式を逆算して、目標圧縮率を得るために適切な圧縮パラメータを求め、その圧縮パラメータで本圧縮を実行する。このとき、未定パラメータの内で関係式の近似精度に影響の少ないものについては標準的な値に仮定することにより、テスト圧縮回数を効率的に減じてよい。また、テスト圧縮時の圧縮符号量と未定パラメータとの相関関係を併用して、テスト圧縮回数を効率的に減じてよい。さらに、未定パラメータ間の相関関係を併用して、テスト圧縮回数を効率的に減じてよい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧縮パラメータ（圧縮処理の過程において圧縮符号量に影響を与える調整可能な要素）を調整して、画像データを目標圧縮率の範囲内に圧縮する圧縮処理部と、被写体を撮像して画像データを生産する撮像手段とを備え、前記撮像手段で生成した画像データを前記圧縮処理部で圧縮する電子カメラにおいて、

前記圧縮処理部は、

前記画像データについてテスト圧縮を一回以上行う試行手段と、

前記試行手段によるテスト圧縮の結果（圧縮パラメータX、圧縮符号量Y）を下記の関係式に代入して、関係式中の未定パラメータc、g、hを推定する関係式推定手段と、

関係式： $Y = g / (X + c) + h$

前記関係式推定手段で推定した関係式から、目標圧縮率を得るために適切な圧縮パラメータを算出する圧縮パラメータ算出手段と、

前記圧縮パラメータ算出手段により算出した圧縮パラメータを用いて、前記画像データを圧縮する圧縮手段とを有することを特徴とする電子カメラ。

【請求項2】 請求項1に記載の電子カメラにおいて、前記関係式推定手段は、未定パラメータhを標準的な値（0も含む）に仮定し、未定パラメータgを仮定した前記関係式にテスト圧縮の結果をあてはめて、残りの未定パラメータc、gを決定することを特徴とする電子カメラ。

【請求項3】 請求項1に記載の電子カメラにおいて、前記関係式推定手段は、未定パラメータcを標準的な値に仮定し、未定パラメータgを仮定した前記関係式にテスト圧縮の結果をあてはめて、残りの未定パラメータh、gを決定することを特徴とする電子カメラ。

【請求項4】 請求項1に記載の電子カメラにおいて、前記関係式推定手段は、

予め統計的に求めた『圧縮符号量Yと未定パラメータ（g、hまたはc）との相関関係』にテスト圧縮時の圧縮符号量をあてはめて、未定パラメータの一部を決定する統計推定手段と、

前記統計推定手段により未定パラメータ数の減じた前記関係式に、テスト圧縮の結果をあてはめて、残りの未定パラメータを決定する残パラメータ推定手段とを有することを特徴とする電子カメラ。

【請求項5】 請求項1に記載の電子カメラにおいて、前記関係式推定手段は、

テスト圧縮の結果を代入した関係式と、予め統計的に求めた『未定パラメータ間（gとh間、hとc間、またはcとg間）の相関関係』に基づいて、未定パラメータc、g、hの値を決定することを特徴とする電子カメラ。

【請求項6】 請求項1、2、4、5のいずれか1項に

記載の電子カメラにおいて、

前記関係式推定手段は、未定パラメータの決定過程において $c < 0$ となった場合、 $c \geq 0$ となるように未定パラメータhの値を調整することを特徴とする電子カメラ。

【請求項7】 コンピュータを、請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の圧縮処理部として機能させるための画像処理プログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子カメラおよび画像処理プログラムにおける画像圧縮処理の技術に関する。特に、本発明は、画像データを所望の目標圧縮率に圧縮するための技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、電子カメラやコンピュータなどでは、大容量の画像データに対して画像圧縮（例えば、JPEG圧縮など）の処理を施す。このような画像圧縮の処理は、例えば、下記（1）～（6）の手順で実行される。

【0003】（1）撮影者による圧縮用の画質設定（例えば、FINE/NORMAL/BASICなどの切り替え）に応じて、画像データの目標圧縮率を決定する。

（2）輝度色差YCbCrからなる画像データを、 $8 \times 8$ 画素程度のブロックに分割する。これらのブロックごとにDCT変換を施し、 $8 \times 8$ 個の離散的な空間周波数成分を得る。

（3） $8 \times 8$ 個の空間周波数成分に対する量子化の刻みをそれぞれ定義した基準量子化テーブルを用意する。この基準量子化テーブルにスケールファクタSF（圧縮パラメータの一種）を乗じて、実際に使用する量子化テーブルを得る。

（4）上記で得た量子化テーブルを用いて、 $8 \times 8$ 個の空間周波数成分をそれぞれ量子化する。

（5）量子化後のデータの内、DC成分については直前ブロックとの予測残分をとった上で符号冗長性を排除する符号化を施す。AC成分については、ジグザグスキミングした上で符号冗長性を排除する符号化を施す。

（6）圧縮後のファイルサイズ（以下「圧縮サイズ」という）が目標圧縮率から外れた場合は、スケールファクタSFの値を調整し直した後、上記（3）に動作を戻す。一方、圧縮サイズが目標圧縮率の範囲に収まった場合は画像圧縮を終了する。

以上のような動作により、画像データを目標圧縮率の範囲内で圧縮することが可能となる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】通常、電子カメラは、銀塩カメラに比べて画像処理の時間が余分に発生する。そのため、電子カメラの撮影時間の間隔を銀塩カメラのようにするには、画像処理の時間を極力短縮することが要

望される。そこで、本発明では、画像圧縮処理において、できるだけ少ないテスト圧縮回数で、目標圧縮率を達成可能な圧縮パラメータを正確に決定することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】以下、実施形態の符号およびステップ番号を対応付けながら、課題を解決するための手段を説明する。なお、ここでの対応付けは、参考のためであり、本発明を限定するものではない。

【0006】《請求項1》請求項1に記載の発明は、圧縮パラメータ（圧縮処理の過程において圧縮符号量に影響を与える調整可能な要素）を調整して、画像データを目標圧縮率の範囲内に圧縮する圧縮処理部（18）と、被写体を撮像して画像データを生成する撮像手段（13）とを備え、撮像手段で生成した画像データを圧縮処理部で圧縮する電子カメラにおいて、圧縮処理部は、画像データについてテスト圧縮を一回以上行う試行手段と、試行手段によるテスト圧縮の結果（圧縮パラメータX、圧縮符号量Y）を関係式 $Y = g / (X + c) + h$ に代入して、関係式での未定パラメータc、g、hを推定する関係式推定手段と、関係式推定手段で推定した関係式から、目標圧縮率を得るために適切な圧縮パラメータを算出する圧縮パラメータ算出手段と、圧縮パラメータ算出手段により算出した圧縮パラメータを用いて、画像データを圧縮する圧縮手段とを有することを特徴とする。

【0007】本願の発明者は、後述する実施形態（図4）に示すように、圧縮パラメータX（図4ではスケールファクタ）と圧縮符号量Y（図4では圧縮後のファイルサイズ）との関係を、  
関係式： $Y = g / (X + c) + h$  …… [1]  
により良好に近似できることを発見した。上記の関係式では、圧縮パラメータXがゼロに近づくに従って、圧縮符号量Yは増加し、最終的には上限値 $[g / c + h]$ に飽和する。一方、圧縮パラメータXが大きくなるに従って、圧縮符号量Yは減少し、最終的には下限値 $[h]$ に飽和する。すなわち、上記の関係式を用いて、両対数グラフ上で上下限を有して単調減少するカーブ（いわゆる逆S字カーブ）の特徴を有する「圧縮パラメータXと圧縮符号量Yとの関係」全般を良好に近似することができる。

【0008】そこで、本発明の圧縮処理部では、まず、画像データのテスト圧縮結果（圧縮パラメータX、圧縮符号量Y）を、上記の関係式に代入して、3つの未定パラメータc、g、hの値をそれぞれ推定する。次に、圧縮処理部は、このように推定した関係式を逆算して、目標圧縮率を得るために適切と思われる圧縮パラメータXを算出する。圧縮処理部は、このように算出した圧縮パラメータXを用いて、画像データを圧縮する。このような処理により、「圧縮パラメータXと圧縮符号量Yとの

関係」が良好に近似され、目標圧縮率を達成する上で適正と思われる圧縮パラメータXを正確に求めることができる。

【0009】なお、上記処理において、未定パラメータc、g、hを推定するために必要なテスト圧縮の回数については、多様な選択が可能である。まず、関係式は3つの未定パラメータc、g、hを含むため、最低3回分の独立したテスト圧縮結果に基づいて、未定パラメータc、g、hを直接的かつ一義的に推定することができる。また、4回分以上のテスト圧縮結果に基づいて重回帰分析を行うことにより、誤差などの変動要因を排除した、未定パラメータc、g、hを推定することができる。また、後述する各請求項に示すように、事前に求めておいた統計データなどを併用することにより、2回分以下のテスト圧縮結果に基づいて、未定パラメータc、g、hを推定することもできる。

【0010】《請求項2》請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の電子カメラにおいて、関係式推定手段は、未定パラメータhを標準的な値（0も含む）に仮定し、未定パラメータhを仮定した関係式にテスト圧縮の結果をあてはめて、残りの未定パラメータc、gを決定することを特徴とする（ステップS10）。

【0011】図4中の実線カーブは、3つの未定パラメータc、g、hを調整して、実測値にフィッティングさせた結果である。この場合、低圧縮から高圧縮までの広い範囲（ここではスケールファクタ0.03～2.0の範囲）にわたって、実測値（図中の○）が良好に近似されている。一方、図4中の破線カーブは、未定パラメータhをゼロと仮定した上で、2つの未定パラメータc、gを調整して、実測値にフィッティングさせた結果である。この場合、低圧縮から中圧縮までの限られた範囲（ここではスケールファクタ0.03～0.6程度の範囲）において、実測値が良好に近似されている。以上の結果から、低圧縮から中圧縮までの目標圧縮率であれば、未定パラメータhの寄与は少なく、2つの未定パラメータc、gのみを調整して良好な近似を得ることが可能である。

【0012】そこで、請求項2に記載の圧縮処理部は、まず、未定パラメータhを、予め求めておいた標準的な値に仮定する。その上で、圧縮処理部は、テスト圧縮結果を関係式にあてはめて、残りの未定パラメータc、gを決定する。このとき、決定すべき未定パラメータの数は2つに減じるので、テスト圧縮の回数を2回まで短縮することが可能となる。なお、上述した近似の実態を考慮することにより、圧縮処理部が、目標圧縮率が所定の閾値よりも低圧縮か否かを判定し、低圧縮の場合に、請求項2に記載の処理を自動選択するようにしてもよい。

【0013】《請求項3》請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の電子カメラにおいて、関係式推定手段は、未定パラメータcを標準的な値に仮定し、未定パラ

メータ  $c$  を仮定した関係式にテスト圧縮の結果をあてはめて、残りの未定パラメータ  $h$ ,  $g$  を決定することの特徴とする(ステップS12)。

【0014】図13は、未定パラメータ  $c$  を変化させながら、関係式をプロットした図である。この図から分かるように、未定パラメータ  $c$  の影響は、中圧縮から高圧縮までの範囲にさほど現れない。このような結果から、中圧縮から高圧縮までの目標圧縮率であれば、未定パラメータ  $c$  の寄与は少なく、2つの未定パラメータ  $h$ ,  $g$  のみを調整して良好な近似を得られることが分かる。

【0015】そこで、請求項3に記載の圧縮処理部は、まず、未定パラメータ  $c$  を、予め求めておいた標準的な値に仮定する。その上で、圧縮処理部は、テスト圧縮結果を関係式にあてはめて、残りの未定パラメータ  $h$ ,  $g$  を決定する。このとき、決定すべき未定パラメータの数は2つに減じるので、テスト圧縮の回数を2回まで短縮することが可能となる。なお、上述した近似の実態を考慮することにより、圧縮処理部が、目標圧縮率が所定の閾値よりも高圧縮か否かを判定し、高圧縮の場合に、請求項3に記載の処理を自動選択するようにしてもよい。

【0016】(請求項4) 請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の電子カメラにおいて、関係式推定手段は、予め統計的に求めた「圧縮符号量  $Y$  と未定パラメータ ( $g$ ,  $h$  または  $c$ ) との関係関係」にテスト圧縮時の圧縮符号量をあてはめて未定パラメータの一部を決定する統計推定手段と、統計推定手段により未定パラメータの減じた関係式に、テスト圧縮の結果をあてはめて、残りの未定パラメータを決定する残パラメータ推定手段とを有することを特徴とする(ステップS34)。

【0017】本願の発明者は、後述する実施形態(図6～図8)に示すように、テスト圧縮時の圧縮符号量(実施形態では、スケールファクタ  $0.1$  における圧縮サイズ)と未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  との間に、いずれも相関関係が存在することを発見した。そこで、請求項4に記載の圧縮処理部では、まず、統計的に求めておいた上記のような相関関係にテスト圧縮時の圧縮符号量をあてはめることにより、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  の内の一部を決定する。その上で、圧縮処理部は、テスト圧縮の結果を関係式にあてはめて、残りの未定パラメータを決定する。この場合、関係式を解いて決定すべき未定パラメータの数が減るので、テスト圧縮の回数を効率的に減らすことが可能となる。

【0018】(請求項5) 請求項5に記載の発明は、請求項1に記載の電子カメラにおいて、関係式推定手段は、テスト圧縮の結果を代入した関係式と、予め統計的に求めた「未定パラメータ間 ( $g$  と  $h$  間,  $h$  と  $c$  間, または  $c$  と  $g$  間) の相関関係」とに基づいて、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  の値を決定することの特徴とする(ステップS54, S58)。

【0019】本願の発明者は、後述する実施形態(図15

0～図12)に示すように、未定パラメータ間に、いずれも相関関係が存在することを発見した。そこで、請求項5に記載の圧縮処理部では、「未定パラメータ間の相関関係」および「関係式」からなる連立式に、テスト圧縮結果を代入して解くことにより、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  の値を決定する。この場合、導入した相関関係の数だけ、テスト圧縮の回数を効率的に減らすことができる。

【0020】(請求項6) 請求項6に記載の発明は、請求項1, 2, 4, 5のいずれか1項の電子カメラにおいて、関係式推定手段は、未定パラメータの決定過程において  $c < 0$  となった場合、 $c \geq 0$  となるように未定パラメータ  $h$  の値を調整することを特徴とする(ステップS11, S12)。

【0021】テスト圧縮結果に極端な誤差変動が含まれたり、テスト圧縮の回数を極端に減じした場合、計算処理の過程で「 $c < 0$ 」となるケースが想定される。この場合、圧縮パラメータ「 $X=c$ 」において、圧縮符号量  $Y$  が無限大に発散するという、非現実的な関係式となる。そこで、請求項6に記載の圧縮処理部では、未定パラメータの決定過程において「 $c < 0$ 」となった場合、「 $c \geq 0$ 」となるように未定パラメータ  $h$  の値を調整する。上述したように、未定パラメータ  $h$  は、極端な高圧縮を除いては、比較的の自由な値をとることが可能である。したがって、未定パラメータ  $h$  を調整することにより、低圧縮から中圧縮にかけての近似精度をさほど落とすことなく、「 $c \geq 0$ 」とすることが可能となる。その結果、非現実的な関係式を求めてしまう事態を的確に回避することが可能となる。

【0022】(請求項7) 請求項7に記載の記録媒体には、コンピュータを、請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の圧縮処理部として機能させるための画像処理プログラムが記録される。最近では、電子カメラが、撮像ユニットとコンピュータ(電子手帳なども含む)とからなるシステムとして構成される例も多い。そこで、このようなシステム構成のコンピュータ上で、請求項7に記載の記録媒体を用いて圧縮処理部を実現することにより、請求項1～6に記載の電子カメラを即座に構成することが可能となる。また特に、コンピュータ単体において、圧縮処理部を実現した場合には、電子カメラ、通信媒体、記録媒体、スキャナ、別のプログラムなどから画像データを取得して、これらの画像データに対して請求項1～6に記載の発明と同様の画像圧縮処理を実行するシステムを実現することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面に基いて本発明における実施の形態を説明する。

【0024】(第1の実施形態) 第1の実施形態は、請求項1, 2, 3, 6に記載の発明に対応した電子カメラの実施形態である。図1は、電子カメラ100の構成を説

明する概略ブロック図である。図1において、電子カメラ10には、撮影レンズ11が装着される。この撮影レンズ11の像空間には、撮像素子13が配置される。この撮像素子13において生成される画像データは、信号処理部15、A/D変換部16、画像処理部17を順に介して処理された後、デジタルの画像データとして圧縮処理部18に与えられる。圧縮処理部18は、この画像データをJPEG圧縮して、記録部19に出力する。記録部19は、圧縮された画像データを、メモリーカードなどの記録媒体（図示せず）に記録する。

【0026】また、電子カメラ10には、システムコントロール用の制御部21、カメラ操作やモード設定を行うための操作部24などが設けられる。図2〜3は、圧縮処理部18における画像圧縮動作を説明する流れ図である。以下、図2〜3に示す流れ図に従って、本発明の特徴である画像圧縮動作について説明する。

【0026】【ステップS1】まず、圧縮処理部18は、制御部21と交信して、操作部24による圧縮用の画質設定（ここでは、FINE、NORMAL、BASICなど）を取得する。圧縮処理部18は、この画質設定に応じて、目標圧縮率（ここでは、1/4圧縮、1/8圧縮、1/16圧縮）を決定する。圧縮処理部18は、この目標圧縮率に対応して、次のパラメータを初期設定する。

- ・基準量子化テーブル
- ・圧縮サイズの許容範囲Sspan
- ・初期スケールファクタSF1
- ・スケールファクタの下限値SFmin
- ・打ち切りスケールファクタSF4

【ステップS2】圧縮処理部18は、ステップS1で選択した基準量子化テーブルの全要素に対して初期スケールファクタSF1を乗じて、テスト圧縮用の量子化テーブルを作成する。

【ステップS3】圧縮処理部18は、テスト圧縮用の量子化テーブルを用いて、画像データをJPEG圧縮する。圧縮処理部18は、この圧縮処理後のファイルサイズS1を記憶する。

【ステップS4】圧縮処理部18は、1回分のテスト圧縮

$$c = [SF2(S2 - h_0) - SF1(S1 - h_0)] / (S1 - S2) \quad \dots [4]$$

$$g = (c + SF2)(S2 - h_0)$$

を求め、残りの未定パラメータc、gを決定する。

【0028】【ステップS11】圧縮処理部18は、決定した未定パラメータcが負か否かを判定する。ここで、未定パラメータcが負の場合、圧縮処理部18は、ステップS10で求めた関係式が非現実的であると判断して、ステップS12に動作を移行する。一方、未定パラメータcが正またはゼロの場合、圧縮処理部18は、そのままステップS13に動作を移行する。 ※

$$h = [S2(c + SF2) - S1(c + SF1)] / (SF2 - SF1) \quad \dots [8]$$

\* 縮の結果を、予め記憶しておいた統計データに当てはめて、目標圧縮率を得る上で適切なスケールファクタSF2を推定する。なお、ここでの推定手順については、本発明と無関係のため特に説明しないが、本出願人が以前に出願した特願平10-284531号に詳しく説明されている。

【0027】【ステップS5】圧縮処理部18は、このスケールファクタSF2を下限値SFminで制限する。

【ステップS6】圧縮処理部18は、ステップS1で選択した基準量子化テーブルの全要素に対してスケールファクタSF2を乗じて、量子化テーブルを作成する。

【ステップS7】圧縮処理部18は、求めた量子化テーブルを用いて、画像データをJPEG圧縮する。圧縮処理部18は、圧縮後のファイルサイズS2を記憶する。

【ステップS8】圧縮処理部18は、圧縮サイズS2が許容範囲Sspanに収まったか否かを判定する。ここで、圧縮サイズS2が許容範囲Sspanから外れていた場合、圧縮処理部18はステップS9に動作を移行する。一方、圧縮サイズS2が許容範囲Sspanに収まった場合、圧縮処理部18は、所望の画像圧縮が完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

【ステップS9】圧縮処理部18は、『今回の圧縮が目標圧縮率よりも高圧縮である』かつ『スケールファクタSF2が下限値SFminに等しい』が成立するか否かを判定する。上記条件がすべて成立した場合、圧縮対象の画像データは、情報量の極端に少ない特殊なものであると推測できる。そこで、圧縮処理部18は、最終の画像圧縮結果をもって圧縮処理を打ち切る。一方、上記条件が成立しなかった場合、圧縮処理部18は、ステップS10に動作を移行する。

【ステップS10】圧縮処理部18は、まず未定パラメータhを標準的な値h0（例えばゼロ）に仮定する。この関係式で、2回分のテスト圧縮結果（SF1、S1）、（SF2、S2）を代入することにより、

$$S1 = g / (c + SF1) + h_0 \quad \dots [2]$$

$$S2 = g / (c + SF2) + h_0 \quad \dots [3]$$

が得られる。圧縮処理部18は、この式を解いて、

$$\dots [5]$$

※ 【ステップS12】圧縮処理部18は、cを標準的な値c0（ただしc0≧0）に仮定する。この関係式で、2回分のテスト圧縮結果（SF1、S1）、（SF2、S2）を代入することにより、

$$S1 = g / (c_0 + SF1) + h \quad \dots [6]$$

$$S2 = g / (c_0 + SF2) + h \quad \dots [7]$$

が得られる。圧縮処理部18は、この式を解いて、



9

$$g = (c0 + SF2) (S2 - h)$$

を求め、残りの未定パラメータ  $c$ ,  $g$  を決定する。なお、この処理は、[8] 式を用いて未定パラメータ  $h$  の値を調整して、 $c \geq 0$  に変更する処理に該当する。

[ステップ S13] 圧縮処理部 18 は、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  の確定した関係式を、次式を用いて逆算し、 $SF3 = g / (T - h) - c$  …… [10]

(ただし、『 $T$  = 圧縮前の画像符号量  $\times$  目標圧縮率』である。)

目標圧縮率を得る上で適切と思われるスケールファクタ  $SF3$  を求める。[ステップ S14] 圧縮処理部 18 は、このスケールファクタ  $SF3$  を下限値  $SFmin$  で制限する。

[0029] [ステップ S15] 圧縮処理部 18 は、ステップ S1 で選択した基準量子化テーブルの全要素に対してスケールファクタ  $SF3$  を乗じて、量子化テーブルを作成する。

[ステップ S16] 圧縮処理部 18 は、求めた量子化テーブルを用いて、画像データを JPEGR 圧縮する。圧縮処理部 18 は、圧縮後のファイルサイズ  $S3$  を記憶する。

[ステップ S17] 圧縮処理部 18 は、圧縮サイズ  $S3$  が許容範囲  $Sspan$  に収まったか否かを判定する。ここで、圧縮サイズ  $S3$  が許容範囲  $Sspan$  から外れていた場合、圧縮処理部 18 はステップ S18 に動作を移行する。一方、圧縮サイズ  $S3$  が許容範囲  $Sspan$  に収まった場合、圧縮処理部 18 は、所望の画像圧縮が完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

[ステップ S18] 圧縮処理部 18 は、『今回の圧縮が目標圧縮率よりも高圧縮である』かつ『スケールファクタ  $SF3$  が下限値  $SFmin$  に等しい』が成立するか否かを判定する。上記条件がすべて成立した場合、圧縮対象の画像データは、情報量の極端に少ない特殊なものであると推測できる。そこで、圧縮処理部 18 は、最終の圧縮結果をもって画像圧縮を打ち切る。一方、上記条件が成立しなかった場合、圧縮処理部 18 は、ステップ S19 に動作を移行する。

[ステップ S19] 圧縮処理部 18 は、ステップ S1 で選択した基準量子化テーブルの全要素に対して打ち切りスケールファクタ  $SF4$  を乗じて、量子化テーブルを求め

る。[ステップ S20] 圧縮処理部 18 は、求めた量子化テーブルを用いて、画像データを JPEGR 圧縮する。圧縮処理部 18 は、圧縮後のファイルサイズ  $S4$  を記憶する。

[0030] [ステップ S21] 圧縮処理部 18 は、圧縮サイズ  $S4$  が (許容範囲  $Sspan$  の上限) 以下に収まったか否かを判定する。ここで、圧縮サイズ  $S4$  が (許容範囲  $Sspan$  の上限) を上回っていた場合、圧縮処理部 18 はステップ S22 に動作を移行する。一方、圧縮サイ

… [9]

ズ  $S4$  が (許容範囲  $Sspan$  の上限) に収まるという緩い条件を満たした場合、圧縮処理部 18 は、所望の画像圧縮が一応完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

[ステップ S22] 圧縮処理部 18 は、これまでの圧縮試行回数が制限回数を超えたか否かを判定する。もしも制限回数を超えていた場合、圧縮処理部 18 は、最終の圧縮結果をもって、圧縮処理を打ち切る。一方、制限回数をまだ超えていない場合、圧縮処理部 18 は、ステップ S23 に動作を移行する。

[ステップ S23] 圧縮処理部 18 は、現在のスケールファクタ  $SF4$  を所定倍 (例えば、1.5 倍) して、動作をステップ S19 に戻す。

以上説明した一連の動作により、第 1 の実施形態では、圧縮試行の時々刻々の結果に柔軟に対応しながら、画像データが適切に圧縮される。

[0031] (第 1 の実施形態の効果など) 図 4 中に示す実線カーブまたは破線カーブは、第 1 の実施形態において決定した関係式をプロットした図である。図 4 に示されるように、これらのカーブによって、逆 S 字カーブを示す実測値 (図中の  $\bigcirc$ ) が良好に近似されている。このような良好な近似により、目標圧縮率を達成する上で適正と思われるスケールファクタ  $SF3$  を正確に決定することが可能となる。また、第 1 の実施形態では、まず、未定パラメータ  $h$  を標準値  $h0$  に仮定する。したがって、少なくとも 2 回分のテスト圧縮結果に基づいて、残りの未定パラメータ  $c$ ,  $g$  を決定することができる。さらに、第 1 の実施形態では、このような未定パラメータの決定過程において、未定パラメータ  $c$  が負となった場合、未定パラメータ  $c$  を  $c0$  ( $\geq 0$ ) に改めて、残りの未定パラメータ  $h$ ,  $g$  を決定している。したがって、未定パラメータ  $c$  が負のまま決定することがなく、常に現実的な関係式を求めることが可能となる。次に、別の実施形態について説明する。

[0032] 《第 2 の実施形態》第 2 の実施形態は、請求項 1、4 に記載の発明に対応した電子カメラの実施形態である。なお、電子カメラとしての概略構成は、第 1 の実施形態 (図 1) と同じため、ここでの説明を省略する。第 2 の実施形態では、前準備として、電子カメラの開発者が、テスト圧縮時の圧縮サイズと各パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  との相関関係を統計的に求めておく。以下、前準備の手順について説明する。

①まず、開発者は、なるべく多様なテスト画像をたくさん準備する。

②開発者は、各テスト画像ごとにスケールファクタを変化させながら JPEGR 圧縮を繰り返し、(スケールファクタ、圧縮サイズ) の実測データを多数求める。図 5 は、このようにして求めた各テスト画像の実測データを示した図である。

③開発者は、各テスト画像ごとに重回帰分析を行い、実

測データと関係式との誤差の二乗和が最小となる未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  を求める。

④開発者は、スケールファクタ  $SF=0, 1$  における圧縮サイズと、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  とを各画像ごとにプロット (図中の◆印) して、図 6~8 に示すような相関関係をそれぞれ求める。

⑤開発者は、図 6~8 の相関関係を最小二乗法などで近似し、近似式 (またはテーブルデータ) を相関関係として圧縮処理部 18 内部の不揮発性の記憶領域に記録する。

以上の手順により、前準備が完了する。図 9 は、圧縮処理部 18 における画像圧縮動作を説明する流れ図である。以下、本発明の特徴である画像圧縮動作について、図 9 を用いて説明する。

【0033】 [ステップ S31] まず、圧縮処理部 18 は、目標圧縮率に対応して、初期スケールファクタ  $SF1$  (ここでは  $SF1=0, 1$ ) を選択する。

【ステップ S32】 圧縮処理部 18 は、初期スケールファクタ  $SF1$  で画像データを JPEGL 圧縮する。

【ステップ S33】 圧縮処理部 18 は、1 回目の圧縮サイズ  $S1$  が目標圧縮率の範囲に収まったかを判定する。ここで、圧縮サイズ  $S1$  が目標圧縮率の範囲内から外れていた場合、圧縮処理部 18 はステップ S34 に動作を移行する。一方、圧縮サイズ  $S1$  が目標圧縮率の範囲内に収まった場合、圧縮処理部 18 は、所望の画像圧縮が完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

【ステップ S34】 圧縮処理部 18 は、圧縮サイズ  $S1$  を、予め求めておいた相関関係 (図 6, 図 7) の近似式などにあてはめ、未定パラメータ  $g$ ,  $h$  をそれぞれ推定する。

【0034】 [ステップ S35] 圧縮処理部 18 は、未定パラメータ  $g$ ,  $h$  を推定した関係式に、1 回目のテスト圧縮結果 ( $SF1, S1$ ) を代入して、残りの未定パラメータ  $c$  を決定する。

【ステップ S36】 圧縮処理部 18 は、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  の確定した関係式を逆算して、目標圧縮率を得るために適切なスケールファクタ  $SF2$  を算出する。

【ステップ S37】 圧縮処理部 18 は、スケールファクタ  $SF2$  で画像データを JPEGL 圧縮する。

【ステップ S38】 圧縮処理部 18 は、2 回目の圧縮サイズ  $S2$  が目標圧縮率の範囲に収まったかを判定する。ここで、圧縮サイズ  $S2$  が目標圧縮率の範囲内から外れていた場合、圧縮処理部 18 はステップ S39 に動作を移行する。一方、圧縮サイズ  $S2$  が目標圧縮率の範囲内に収まった場合、圧縮処理部 18 は、所望の画像圧縮が完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

【ステップ S39】 圧縮処理部 18 は、ステップ S34 で推定した  $g$  を採用した関係式に、2 回目のテスト圧縮結果 ( $SF1, S1$ ) ( $SF2, S2$ ) を代入して、残りの未定パラメータ  $c$ ,  $h$  を決定する。

【ステップ S40】 圧縮処理部 18 は、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  の確定した関係式を逆算して、目標圧縮率を得るために適切なスケールファクタ  $SF3$  を算出する。

【0035】 [ステップ S41] 圧縮処理部 18 は、スケールファクタ  $SF3$  で画像データを JPEGL 圧縮する。

【ステップ S42】 圧縮処理部 18 は、3 回目の圧縮サイズ  $S3$  が目標圧縮率の範囲に収まったかを判定する。ここで、圧縮サイズ  $S3$  が目標圧縮率の範囲内から外れていた場合、圧縮処理部 18 はステップ S43 に動作を移行する。一方、圧縮サイズ  $S3$  が目標圧縮率の範囲内に収まった場合、圧縮処理部 18 は、所望の画像圧縮が完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

【ステップ S43】 圧縮処理部 18 は、関係式に、3 回目のテスト圧縮結果 ( $SF1, S1$ ) ( $SF2, S2$ ) ( $SF3, S3$ ) を代入して、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  を決定する。

【ステップ S44】 圧縮処理部 18 は、未定パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  の確定した関係式を逆算して、目標圧縮率を得るために適切と思われるスケールファクタ  $SF4$  を算出する。

【ステップ S45】 圧縮処理部 18 は、スケールファクタ  $SF4$  で画像データを JPEGL 圧縮する。

以上の一連の動作により、第 2 の実施形態においても、圧縮試行の時々々々結果に柔軟に対応しながら、画像データが適切に圧縮される。

【0036】 (第 2 の実施形態の効果など) 第 2 の実施形態では、まず、テスト圧縮時の圧縮サイズ  $S1$  を、予め統計的に求めておいた相関関係 (図 6, 図 7) の近似式にあてはめて未定パラメータ  $g$ ,  $h$  を推定する。その結果、関係式を解いて決定すべき未定パラメータの数が減るので、テスト圧縮の回数を効率的に減らすことが可能となる。特に、図 6 に示されるように、未定パラメータ  $c$  と圧縮サイズとの相関関係は、その他の相関関係に比べて顕著に相関が強い。したがって、テスト圧縮時の圧縮サイズから未定パラメータ  $c$  を極めて高い精度で決定することが可能である。上述した第 2 の実施形態では、3 回目の画像圧縮に当たって、このように決定した未定パラメータ  $g$  を優先的に使用する。したがって、3 回目の画像圧縮において、目標圧縮率を達成する可能性が非常に高くなる。次に、別の実施形態について説明する。

【0037】 《第 3 の実施形態》 第 3 の実施形態は、請求項 1, 5 に記載の発明に対応した電子カメラの実施形態である。なお、電子カメラとしての概略構成は、第 1 の実施形態 (図 1) と同じため、ここでの説明を省略する。第 3 の実施形態では、前準備として、電子カメラの開発者が、各パラメータ  $c$ ,  $g$ ,  $h$  の間の相関関係を統計的に求めておく。以下、前準備の手順について説明する。

①まず、開発者は、なるべく多様なテスト画像をたくさん準備する。

②開発者は、各テスト画像ごとにスケールファクタを変化させながらJPEG圧縮を行い、(スケールファクタ、圧縮サイズ)の実測データを多数求める。図5は、このようにして求めた各テスト画像の実測データを示した図である。

③開発者は、各テスト画像ごとに重回帰分析を行い、実測データと関係式との誤差の二乗和が最小となる未定パラメータ $c$ 、 $g$ 、 $h$ を求める。

④開発者は、未定パラメータ $c$ 、 $g$ 、 $h$ を各画像ごとにプロットして、図10～図12に示すような3種類の相関関係を得る。

⑤開発者は、図10～図12の相関関係を最小二乗法などで近似し、近似式(またはテーブルデータ)を相関関係として圧縮処理部18内部の不揮発性の記憶領域に記録する。

以上の手順により、前準備が完了する。図14は、圧縮処理部18における画像圧縮動作を説明する流れ図である。以下、本発明の特徴である画像圧縮動作について、図14を用いて説明する。

【0038】[ステップS51] まず、圧縮処理部18は、目標圧縮率に対応して、初期スケールファクタSF1を選択する。

[ステップS52] 圧縮処理部18は、初期スケールファクタSF1で画像データをJPEG圧縮する。

[ステップS53] 圧縮処理部18は、1回目の圧縮サイズS1が目標圧縮率の範囲に収まったか否かを判定する。ここで、圧縮サイズS1が目標圧縮率の範囲内から外れていた場合、圧縮処理部18はステップS54に動作を移行する。一方、圧縮サイズS1が目標圧縮率の範囲内に収まった場合、圧縮処理部18は、所望の画像圧縮が完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

[ステップS54] 圧縮処理部18は、1回分のテスト圧縮結果を代入した関係式と、予め求めておいた相関関係(図10、図11)の近似式とを連立させて解き、未定パラメータ $c$ 、 $g$ 、 $h$ を推定する。

【0039】[ステップS55] 圧縮処理部18は、未定パラメータ $c$ 、 $g$ 、 $h$ の確定した関係式を逆算して、目標圧縮率を得るために適切なスケールファクタSF2を算出する。

[ステップS56] 圧縮処理部18は、スケールファクタSF2で画像データをJPEG圧縮する。

[ステップS57] 圧縮処理部18は、2回目の圧縮サイズS2が目標圧縮率の範囲に収まったか否かを判定する。ここで、圧縮サイズS2が目標圧縮率の範囲内から外れていた場合、圧縮処理部18はステップS58に動作を移行する。一方、圧縮サイズS2が目標圧縮率の範囲内に収まった場合、圧縮処理部18は、所望の画像圧縮が完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

[ステップS58] 圧縮処理部18は、2回分のテスト圧縮結果を代入した関係式と、予め求めておいた相関関係(図10)の近似式とを連立させて解き、未定パラメータ $c$ 、 $g$ 、 $h$ を推定する。

[ステップS59] 圧縮処理部18は、未定パラメータ $c$ 、 $g$ 、 $h$ の確定した関係式を逆算して、目標圧縮率を得るために適切なスケールファクタSF3を算出する。

[ステップS60] 圧縮処理部18は、スケールファクタSF3で画像データをJPEG圧縮する。

【0040】[ステップS61] 圧縮処理部18は、3回目の圧縮サイズS3が目標圧縮率の範囲に収まったか否かを判定する。ここで、圧縮サイズS3が目標圧縮率の範囲内から外れていた場合、圧縮処理部18はステップS62に動作を移行する。一方、圧縮サイズS3が目標圧縮率の範囲内に収まった場合、圧縮処理部18は、所望の画像圧縮が完了したと判断して、圧縮動作を終了する。

[ステップS62] 圧縮処理部18は、関係式に、3回分のテスト圧縮結果(SF1、S1)(SF2、S2)(SF3、S3)を代入して解き、未定パラメータ $c$ 、 $g$ 、 $h$ を決定する。

[ステップS63] 圧縮処理部18は、未定パラメータ $c$ 、 $g$ 、 $h$ の確定した関係式を逆算して、目標圧縮率を得るために適切なスケールファクタSF4を算出する。

[ステップS64] 圧縮処理部18は、スケールファクタSF4で画像データをJPEG圧縮する。

以上の一連の動作により、第3の実施形態においても、圧縮試行の時々刻々の結果に柔軟に対応しながら、画像データが適切に圧縮される。

【0041】(第3の実施形態の効果など) 第3の実施形態では、予め統計的に求めておいた相関関係(図10、図11)を併用することにより、テスト圧縮の回数を効率的に減らすことが可能となる。

【0042】《実施形態の補足事項》なお、上述した実施形態では、圧縮パラメータとしてスケールファクタを使用する場合について説明したが、これに限定されるものではない。一般に、圧縮処理のプロセスにおいて圧縮符号量に影響を及ぼす調節可能な要素の内から、圧縮符号量との関係が逆S字状になるような要素を圧縮パラメータに選択すれば、本発明の関係を適用して良好な近似を得ることが可能である。また、上述した実施形態では、本発明の圧縮符号量として、画像データ全体をテスト圧縮した場合の圧縮サイズを使用しているが、これに限定されるものではない。例えば、画像データの画素ブロックを数分の1程度に間引いた状態でテスト圧縮を行い、そのときの圧縮サイズを本発明の圧縮符号量として使用してもよい。さらに、上述した実施形態では、電子カメラとしての実施形態を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、図2～3、図9、図14のいずれか一つの流れ図を画像処理プログラムとして記述

し、これを記録媒体に格納してもよい。このような画像処理プログラムをコンピュータ上で実行することにより、上述した実施形態と同様の作用効果を得ることが可能となる。なお、上述した第2、3の実施形態では、図8および図12に示す相関関係を使用していないが、これに限定されるものではない。これらの相関関係を併用してテスト圧縮回数を減じても勿論よい。

#### 【0043】

【発明の効果】請求項1に記載の発明では、関係式『 $Y = g / (X + c) + h$ 』で近似することにより、逆S字カーブを示す『圧縮パラメータXと圧縮符号量Yとの関係』を広い範囲にわたって良好に近似することができる。この関係式を逆算することにより、目標圧縮率を達成する上で適正と思われる圧縮パラメータXを正確に求めることが可能となる。

【0044】請求項2に記載の発明では、未定パラメータをhを仮定した上で、残りの未定パラメータc、gを決定する。この場合、決定すべき未定パラメータの数が減るので、テスト圧縮の回数を効率的に減ずることができる。

【0045】請求項3に記載の発明では、未定パラメータをcを仮定した上で、残りの未定パラメータh、gを決定する。この場合、決定すべき未定パラメータの数が減るので、テスト圧縮の回数を効率的に減ずることができる。

【0046】請求項4に記載の発明では、テスト圧縮時の圧縮符号量を『圧縮符号量Yと未定パラメータとの相関関係』に代えては未定パラメータc、g、hの一部を決定する。したがって、関係式を解いて決定すべき未定パラメータの数が減るので、テスト圧縮の回数を効率的に減ずることが可能となる。

【0047】請求項5に記載の発明では、『未定パラメータ間の相関関係』と『関係式』とからなる連立式にテスト圧縮結果を代入して解くことにより、未定パラメータc、g、hの値を決定する。この場合、導入した相関関係の数だけ、テスト圧縮の回数を効率的に減ずることが可能となる。

【0048】請求項6に記載の発明は、未定パラメータの決定過程において $c < 0$ となった場合、 $c \geq 0$ となる

ように未定パラメータhの値を調整する。したがって、常に現実的な関係式を決定することが可能となる。

【0049】請求項7に記載の記録媒体を使用することにより、コンピュータ上で、請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の圧縮処理部を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】電子カメラ10の構成を説明する概略ブロック図である。

【図2】第1の実施形態における画像圧縮動作を説明する流れ図（前半）である。

【図3】第1の実施形態における画像圧縮動作を説明する流れ図（後半）である。

【図4】第1実施形態において確定した関係式をプロットした図である。

【図5】多様なテスト画像について、スケールファクタと圧縮サイズとの関係をプロットした図である。

【図6】『テスト圧縮時の圧縮符号量』と『未定パラメータg』との相関関係を示す図である。

【図7】『テスト圧縮時の圧縮符号量』と『未定パラメータh』との相関関係を示す図である。

【図8】『テスト圧縮時の圧縮符号量』と『未定パラメータc』との相関関係を示す図である。

【図9】第2の実施形態における画像圧縮動作を説明する流れ図である。

【図10】『未定パラメータg』と『未定パラメータh』との相関関係を示す図である。

【図11】『未定パラメータc』と『未定パラメータg』との相関関係を示す図である。

【図12】『未定パラメータc』と『未定パラメータh』との相関関係を示す図である。

【図13】未定パラメータcの影響を説明するための図である。

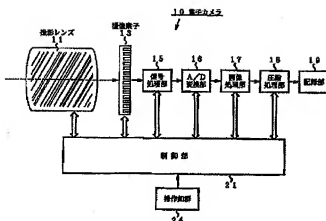
【図14】第3の実施形態における画像圧縮動作を説明する流れ図である。

#### 【符号の説明】

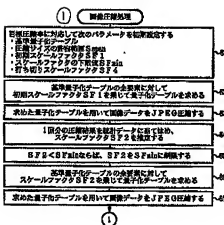
10 電子カメラ

18 圧縮処理部

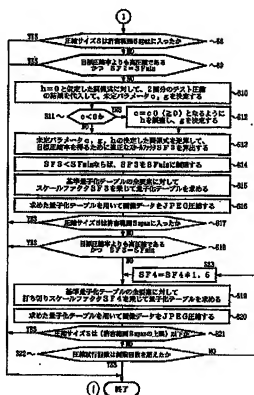
【圖 1】



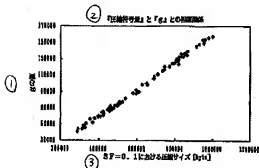
【图 2】



【圖6】

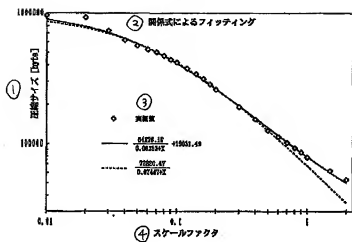


【圖6】

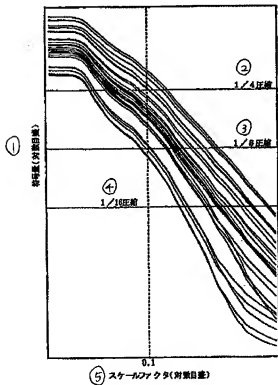


②  $SF=0.1$ における圧縮サイズ [Byte]

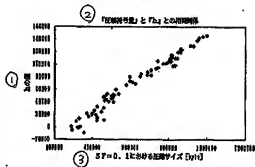
【圖4】



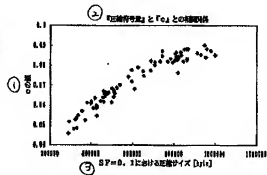
【圖 5】



【图7】

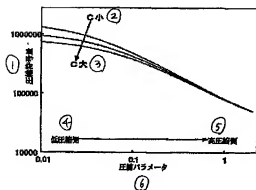


【圖8】

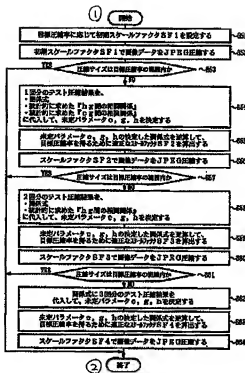




【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

Fターム (参考) 5C053 FA08 FA27 GB07 GB21 GB22  
GB28 GB34 GB36 KA22 KA24  
LA01 LA11  
5C059 KK11 LA01 MA00 MA23 MC14  
MC32 MC34 PP01 PP16 SS15  
SS20 TA47 TB04 TC18 TC38  
TD14 TD15 UA02 UA39  
5C078 AA09 BA21 BA57 DA00 DA01  
DB04 DB07 EA00  
9A001 BB01 BB03 BB04 EE04 EE05  
GG05 HH07 HH24 HH27 HH28  
HH31 KK16 KK31 KK37